外銷椪柑、桶柑與柳橙之採收、檢疫處理與貯、運、銷技術方略

劉富文
國立台灣大學園藝系

摘 要

綜合近十餘年來對台灣產椪柑、桶柑及柳橙之採收成熟度、貯藏條件與貯藏壽命、檢疫處理及催色要領等研究成果，提供有關外銷柑桔之採收處理與貯、運、銷技術方略要點如次：

1. 椪柑、柳橙與桶柑依序自 11 月中旬、12 月中旬與 1 月中旬起約半個月內是採收外銷果最適期。
2. 適宜之貯、運條件為 15℃，90~95%相對濕度。椪柑有 2~3 個月，柳橙與桶柑有 3~5 個月的安全貯、運、銷期間。
3. 須經低溫檢疫處理之外銷柑桔採後愈快低溫處理愈好；延遲處理則較易受低溫傷害。椪柑最好在採後 5 日內，桶柑與柳橙在 10 日內開始處理。早處理者處理後尚有 30~45 日的貯、運壽命。
4. 低溫檢疫處理造成果實傷害之嚴重性因生產年份與供果園而異；宜注意各年之狀況並慎選供果園。
5. 低溫檢疫處理傷害之果實置 15℃五日後即易識別剔除；因此可考慮在 15℃貯放 5 日後選別包裝。
6. 桶柑及柳橙可耐高溫檢疫處理；椪柑則易發生熱傷害。
7. 早採半黃半綠的椪柑置 15℃最快完全轉色；需時 20~25 日。用乙烯催色則可加快 10 日。
8. 趕早輸日之椪柑若在 11 月 20 日左右採收，速經低溫檢疫處理後在 15℃運銷，12 月 20 日之前可上市金黃色的果實。若在採後或檢疫處理之後速用乙烯催色，轉色更快。

關鍵字：椪柑、桶柑、柳橙、成熟度、貯藏、貯藏溫度、貯藏濕度、檢疫處理、催色、外銷

前 言

柑桔是最重要的水果；無論是全世界或是台灣，其栽培面積與產量皆為各種水果之冠。台灣栽培的柑桔種類與品種甚多，而且還在不斷增加新品種中。目前經濟價值最高的是柳橙、椪柑、桶柑與文旦柚四種。其中文旦柚不在本文研究範圍內；本文只討論其他三種柑桔。

台灣生產的椪柑、桶柑與柳橙各具品種特色，且都有相當好的品質，足可比美外國產品，甚至超越。過去曾有相當數量外銷香港、東南亞與日本之記錄，但近年來外銷量萎縮。一方面產量增加(尤以柳橙為甚)，另一方面外銷又不振，所以常造成國內市場供過於求，售價不及成本之窘境。檢討外銷不振的原因，一為生產與運輸成本過高，競爭力不強；二為採後處理與運銷技術不良，不能維護產品之品質直到國外市場。

台灣大學園藝系在近十餘年來從事椪柑、桶柑與柳橙之成熟特性、貯藏條件與

貯藏壽命、外銷檢疫處理、以及早採半綠皮椪柑之催色技術等一系列之研究。其目的在改良採後處理技術，維護果實品質，以利長期供應內、外銷市場，增廣銷路。本文簡述其中部分研究成果，特別注重有關外銷柑桔之採後技術，並提出應用這些技術改進運銷之途徑。技術與策略之改進可以彌補成本偏高之劣勢，提昇競爭力，以利拓展外銷。

試驗材料與方法

本文為回顧近 10 年研究結果之綜合論述(a review paper)，而非全部未經發表之原始研究報告(original research paper)。因此，文獻資料中已詳述之試驗材料與方法皆不再重複贅述。讀者若有興趣可逕查閱參考文獻。但本文亦包含一些未經發表之資料，如不同產地椪柑與柳橙之不同溫度貯藏試驗以及桶柑與柳橙採後不同時間低溫檢疫處理引起不同傷害程度之比較試驗等原始研究結果。這些原始研究將在本文「結果與討論」項下按各試驗主題將方法與結果一併敘述，好讓讀者更易掌握瞭解。

結果與討論

一、成熟特性與採收適期

台灣產椪柑、桶柑與柳橙皆在成熟期轉色，由綠轉黃。轉色期果汁糖度漸增而酸度漸減，因而糖/酸比也漸增而品質漸佳(劉等, 1998)。三種柑桔之中椪柑成熟季節最早，柳橙次之，桶柑最遲。

椪柑自 11 月上旬開始有一部分轉色，到 11 月中旬即有相當多果實達到半轉色(果皮轉黃面積 35~65%)。此時應是外銷及長期貯藏用椪柑適當採收期之開始(劉等, 1998b)。採收時宜按果實轉色程度選採(劉等, 2001)。早期全黃果(轉黃面積 70~100%)罹病蟲害比率高，貯運中易腐，適合現賣而不適宜貯藏或長途運銷。採收時為半轉色的椪柑最適宜貯藏或外銷。綠皮果(轉黃面積 0~30%)因未成熟而糖度低，品質不佳，宜再留樹上幾天等到半黃時採收。若自 11 月中旬見樹上有半數以上果實達半轉色時第一次採收，隔 7 至 10 日後第二次採收，並皆選半轉色果作為貯藏或外銷用最為理想。更遲採收的椪柑則易浮皮，且在貯藏中腐爛率偏高，不適合長期貯藏(劉等, 1998b; 2001)。

柳橙依產地及年份差異，在 12 月中旬或下旬，轉色面積 80%以上時即可全樹一次採完。太早採的品質較差而未必有較好的貯藏力；太遲採的則有腐爛率偏高之勢(劉等, 1997)。

桶柑到一月中旬或下旬(依年份及產地略有差別)轉色 90~100%時可全樹一次採完。此時氣溫已低，果實在樹上變化緩慢，若病蟲害防治得宜，至少有半個月以上之採收適期；外銷或貯藏用者選擇好天氣採果比選擇日期早晚更為重要。但太遲採收亦有增高貯藏腐爛率之趨勢(劉等, 1997; 1998a)。

二、貯藏溫度之選擇

經多年反覆試驗之結果(劉等, 1997; 1998a; 1998b; 2001a)，椪柑、桶柑及柳橙經逐果套入聚乙烯袋後長期貯藏之安全而適宜之溫度皆為 15℃。在 20℃之高溫貯藏時腐爛率較高而且果皮顏色不佳(呈淡黃色而非帶有紅色成分之橙黃色)。在 ≤10℃之低溫貯藏則易因發生寒害而使果皮呈現傷斑或果肉產生異味。在貯藏試驗中，12.5℃常出現優於 15℃之效果(劉等, 2001a)；如前者腐爛率較低而且使桶柑及柳橙較易呈現深橙黃色澤。但是 12.5℃貯藏之果實偶而發現少數產生異味。換言之，12.5℃貯藏之果實常常(但並非每次如此)腐爛較少而外觀較好，但 15℃貯藏之果實較能確保風味正常。

較早的研究報告(劉等, 1997)曾提到北部(苗栗)產的椪柑及中部(南投)產的柳橙較適合 15℃貯藏，而南部(嘉義)產的椪柑與柳橙似乎偏好高溫，較適合用 20℃貯藏之趨勢。為再度觀察此種產地差異是否確實存在，台灣大學園藝系在 1997 年再自苗栗縣公館鄉及嘉義縣梅山鄉採收椪柑，並自南投縣中寮鄉及嘉義縣梅山鄉採收柳橙做不同溫度貯藏比較試驗。方法與結果簡述如次。

1997 年 11 月 21 日及 24 日分別自苗栗縣公館鄉及嘉義縣梅山鄉採收椪柑。同年 12 月 19 日及 27 日分別自南投縣中寮鄉及嘉義縣梅山鄉採收柳橙。採果時各產地各種柑桔選 4 株健康成樹作為 4 重複之用。椪柑貯藏期間分為 60 日與 90 日二組，各組再分 12.5℃、15℃及 20℃三種溫度貯藏。每處理(產地別、貯藏日數、貯藏溫度)每重複(株)皆用 20 果；4 重複共 80 果。柳橙貯藏期間分 60 日與 120 日二組，各組再分 12.5℃、15℃及 20℃三種貯藏溫度。每處理(產地別、貯藏日數、溫度)每重複 20 至 30 果不等，但測定失重率、糖度與酸度時只用其中 20 果。採果、運果、貯前處理、貯藏、貯後評估及品質分析等方法皆仿照已報告之研究(劉等, 1998b)。

椪柑貯藏之結果，不論產地或貯藏日數(60 與 90 日)之不同，貯藏在 20℃與 15℃比較，前者腐爛率較高，綠蒂率較低而失重率較高(表 1)，而且果皮顏色較差(淺黃而非深橙黃)。再就 12.5℃與 15℃比較，前者有腐爛率較低及失重率較低之趨勢而綠蒂率差異甚微(表 1)。三種溫度比較貯後椪柑之糖度時，有貯藏溫度愈高糖度也愈高之勢(表 1)，但溫度間差異甚微，應無實用上之意義。又三種溫度比較貯後椪柑之酸度時，貯藏至 60 天時 15℃組較低而 12.5℃及 20℃二組相若(表 1)。貯藏到 90 天時亦是 15℃組酸度最低，而 12.5℃組次之，20℃組最高；三組間出現明顯差異(表 1)。此試驗未做貯後品味，不能確定 12.5℃組之風味是否與 15℃組有差異。若專就 15℃與 20℃二組比較，15℃貯藏後之品質早經確定無問題(劉等, 1997; 1998b; 2001a)而綠蒂率較高、果色較佳、腐爛率與失重率皆較低(表 1)。顯然椪柑貯藏溫度 15℃優於 20℃，並無南北產地別之差異。

柳橙貯藏之結果，不論產地別與貯藏日數之不同，20℃組與 15℃組比較，前者腐爛率與失重率較高而綠蒂率較低(表 2)。至於 12.5℃與 15℃二組比較，前者失重率較低但腐爛率與綠蒂率則有些較低而有些較高，而無一定趨勢(表 2)，因此優劣難下定論。三種溫度貯後之柳橙糖度比較，溫度愈高糖度也愈高之趨勢相當明顯，但差距皆不大(表 2)。至於酸度則有 20℃貯藏組略低而 15℃與 12.5℃二組相似之現象(表 2)。綜合看來，在 20℃貯藏之柳橙有可能比 15℃貯藏者略甜(糖度略高，酸度略低而糖/酸比略高)，但前者腐爛率及失重率較高而綠蒂率較低。因此，柳橙貯藏溫度 15℃優於 20℃，亦無中部與南部產地別之差異。

三、貯藏濕度之考量

柑桔逐果套上聚乙烯袋後貯藏，則貯藏庫之濕度對果實失重之影響不大。椪柑、桶柑與柳橙套袋後在無精密濕度控制之 15℃冷藏庫中貯藏，失重速率很相似；頭 15 天略快，以後維持大約每個月失重 0.8%之速率(劉等, 2005)。椪柑貯藏到 3 個月時失重約 3.5%，桶柑及柳橙貯藏到 5 個月時失重約 5%，皆未造成明顯的皺皮或果實軟化(劉等, 2005)。

若是不套袋而以裸果貯藏，則必須控制貯藏庫之濕度。椪柑、桶柑與柳橙在 15℃恒溫，不同濕度貯藏試驗之結果，相對濕度愈低失重率愈高，二者成接近直線之負相關關係(劉等, 2005a)。該試驗之結論為貯藏一個月左右或一個月以內者可用 90%或 85~90%相對濕度，而貯藏二個月或二個月以上者宜用 95%或至少用 90~95%相對濕度(劉等, 2005a)。

表1. 不同地區生產之椪柑在不同溫度貯藏之效果比較[1]

貯藏日數	產地	貯藏溫度 (℃)	腐爛率 (%)	綠蒂率 (%)	失重率 (%)	糖度 (°Brix)	酸度[2]
貯前	苗栗	－	0	100	0	9.8±0.5	555±23
	嘉義	－	0	100	0	10.4±0.1	663±66
60	苗栗	12.5	2.5±2.9	97.5±5.0	2.87±0.40	9.8±0.4	360±22
		15	5.0±4.1	96.1±2.6	3.89±0.43	10.0±0.2	302±14
		20	6.3±6.3	73.1±8.6	7.75±0.49	10.2±0.6	354±55
	嘉義	12.5	0.0±0.0	92.5±8.7	2.71±0.25	10.5±0.2	445±25
		15	0.0±0.0	92.5±8.7	3.39±0.40	10.5±0.2	402±23
		20	1.3±2.5	88.6±7.6	7.34±0.52	10.7±0.2	444±32
90	苗栗	12.5	3.8±4.8	92.3±8.9	2.72±0.28	9.6±0.5	243±11
		15	10.0±7.1	94.2±5.1	4.05±0.37	9.7±0.5	213±21
		20	13.8±4.8	51.2±30.9	10.74±1.05	9.8±0.4	316±27
	嘉義	12.5	0.0±0.0	92.5±5.0	3.39±1.12	9.8±1.2	302±29
		15	2.5±2.9	88.4±5.2	4.86±0.62	10.0±0.1	267±17
		20	7.5±8.7	72.5±9.3	10.10±0.53	10.1±0.3	340±11

[1] 表中數字爲 4 重複之平均數±S.D.，每重複 20 果。
[2] 酸度以檸檬酸(citric acid)計，mg/100ml 果汁。

表2. 不同地區生產之柳橙在不同溫度貯藏之效果比較[1]

貯藏日數	產地	貯藏溫度 (℃)	腐爛率 (%)	綠蒂率 (%)	失重率 (%)	糖度 (°Brix)	酸度[2]
貯前	南投	－	0	100	0	12.4±0.9	824±70
	嘉義	－	0	100	0	13.9±1.1	688±72
60	南投	12.5	4.9±4.1	63.5±9.5	1.42±0.25	11.7±0.8	654±32
		15	2.5±2.9	48.0±5.3	2.21±0.11	12.3±1.2	636±35
		20	3.8±4.8	41.7±13.0	4.89±0.39	12.2±1.0	639±39
	嘉義	12.5	0.0±0.0	70.4±28.7	1.29±0.30	13.9±1.3	580±53
		15	1.2±2.4	77.9±9.0	1.96±0.40	13.9±1.3	599±80
		20	1.3±2.5	69.1±26.2	5.75±0.26	14.1±1.0	533±59
120	南投	12.5	4.9±5.6	4.9±5.6	2.63±0.30	11.3±0.7	590±45
		15	11.6±0.6	15.2±7.1	5.04±2.60	11.6±0.6	604±63
		20	12.1±1.0	8.4±3.4	8.44±3.44	12.1±1.0	535±53
	嘉義	12.5	2.5±2.9	53.9±16.6	2.30±0.08	13.2±1.4	565±86
		15	1.3±2.5	63.0±19.8	3.95±0.29	13.4±1.6	565±86
		20	11.1±8.2	54.8±24.6	9.71±0.44	13.9±1.3	485±34

[1] 表中腐爛率及綠蒂率爲 4 重複之平均數±S.D.，每重複 20 至 30 果不等。其他項目爲 4 重複之平均數±S.D.，每重複 20 果。
[2] 酸度單位以檸檬酸計，mg/100ml 果汁。

四、貯藏中之品質變化及貯藏壽命

椪柑、桶柑與柳橙如果田間管理良好，採果適當，而採後處理妥善，可在 15℃貯藏數個月，腐爛率很低。在劉等 2005 年之試驗中，椪柑貯藏 3 個月及桶柑貯藏 5 個月，腐爛率 ≤2.5%而綠蒂率 ≥87%；柳橙貯藏到 3 個月時腐爛率 <4%，但第 4、5 個月加速上升。雖然柑桔貯藏到某一時間後腐爛率會加速上升之趨勢常見，但柳橙不一定在貯藏 3 個月後就會加速上升腐爛率。環境與管理良好的果園產品腐爛較慢;如 1997 採自嘉義梅山的柳橙在 15℃貯藏到 4 個月(120 天)時腐爛率只有 1.3%(表 2)。至於柳橙較不易維持綠蒂則是其特性，在 15℃貯藏 15 天就明顯降低綠蒂率，以後的貯藏期間綠蒂率繼續下降(劉等, 2005a)。

採收時爲半綠半黃(半轉色)的椪柑在 15℃貯藏中迅速轉黃，在一個月內完全轉黃，然後由黃緩慢轉紅，變成橙黃色或橙紅色(劉等, 2005)。桶柑在採收時已呈相當深的橙黃色，在 15℃貯藏頭一個月再略微加深紅色，以後則少變化(劉等, 2005)。柳橙採收時已接近全黃但色澤較淡，在 15℃貯藏中緩慢加深紅色成份而變爲橙黃或橙紅色(劉等, 2005)。由此可見三種柑桔在 15℃貯藏，色澤會變得更好。

三種柑桔在 15℃貯藏中果汁糖度的變化頭一個月略升，然後逐漸下降，酸度則一路下降而糖/酸比一路升高(劉等, 2005)。柑桔的風味以糖度高而糖/酸比適中者爲上乘。以筆者的口味而言，椪柑、桶柑與柳橙採後置 15℃貯藏，品質漸入佳境，在一至二個月之間達到高峰(由採收時的糖度與酸度決定到達高峰的遲早)，然後逐漸下滑。在劉等(2005)的試驗中椪柑、桶柑與柳橙貯藏到 3 個月時的糖度依序爲 11.1°、11.1°與 13.9°Brix，而糖/酸比依序爲 28、21 與 25；皆有甚好的風味。椪柑符合區與林(1996)的「特級」標準。劉等(2005)的同一試驗中桶柑與柳橙貯藏到 5 個月時糖度分別爲 10.3°與 12.6°Brix 而糖/酸比分別爲 27 與 31；風味還算良好。

由三種柑桔貯後品質及腐爛率、失重率與椪柑、桶柑之綠蒂率來看，椪柑、桶柑及柳橙的商業性貯藏壽命依序應有 3 個月、5 個月及 5 個月。也許有些果園的產品特別耐貯藏，可以超過此期間，但依筆者多年之經驗，大多超過此期間以後品質難以維持優良之水準。柳橙不易維持綠蒂，但果蒂褐化之後不易脫落，對果肉風味亦無影響，因此未列爲考慮貯藏壽命之重要因子。如果綠蒂爲必要條件，則柳橙之貯藏壽命沒有那麼長。也許有再研究保持綠蒂方法之必要。另外影響貯藏壽命之重要因子爲「乾米」(顆粒化，granulation)及果皮老化。有些柑桔在貯藏到某一時間後「乾米」或果皮老化發生率及其嚴重程度顯著增高，因而提早終結貯藏壽命。椪柑特別容易有乾米，而柳橙特別容易有果皮老化問題。對這兩項問題尙乏具體實用的研究成果。

五、低溫檢疫處理

台灣因屬東方果實蠅之疫區，柑桔輸出日本、美國等非疫區而有生產亞熱帶果樹的國家時須經過檢疫處理。目前輸日椪柑所用的檢疫處理方法爲低溫，在果肉中心溫度降到 ≤1℃時起算，連續維持在 0°~1℃之間 14 日(劉與韓, 2002)。此種處理有時會引起果皮傷害。椪柑因低溫檢疫處理引起之傷害徵狀爲果皮產生明顯的崩潰斑塊，油胞及外果皮崩潰凹陷，褐化變色，並易由受傷處侵入黴菌造成腐爛(圖 1A, B, C, D；摘自劉與韓, 2002)。在 2001 年 12 月自台灣省青果運銷合作社台中分社豐原包裝場取得已經過低溫檢疫處理而正在包裝之輸日椪柑樣品，放置在 15℃觀察之結果，5 日內大量出現受傷果(劉與韓, 2002)。五日後受傷果數增加不多，但受傷徵狀逐漸加劇(圖 2)。經過若干年的模擬低溫檢疫處理試驗結果，採收後速進行低溫處理者受傷少，而先放在 15℃多日之後做同樣的低溫處理者受傷較多(劉與韓, 2002)。早做低溫處理者處理後仍可在 15℃貯放 15 至 45 日，受傷率增加有限(劉與韓, 2002)。又因低溫檢疫處理而受傷之果實大多在低溫處理完畢，移至 15℃置放 5 日

內出現徵狀；其後受傷果比率增加不多但已出現之受傷徵狀繼續加劇(劉與韓, 2002)。

桶柑因模擬低溫檢疫處理而產生的果皮傷害徵狀與椪柑相似(圖 1E, F, G, H)。經過若干年之桶柑模擬低溫檢疫處理試驗，其方法與椪柑之試驗相同(劉與韓, 2002)，每次皆用 4 株採下之果實做爲 4 重複，每處理每重複 20 果，其結果亦與椪柑的結果相似。桶柑採收後翌日開始模擬低溫檢疫處理者受傷率甚低，而且處理後仍可在 15℃貯藏 15 至 45 日不致大量增加受傷果；但採後延遲 15 日才開始低溫處理者受傷率較高，而貯藏 30 至 45 日後才低溫處理者受傷率更高(表 3)。換言之，先低溫處理後貯藏受傷率較低而先貯藏後低溫處理則受傷率較高。

表3. 苗栗縣公館產桶柑模擬低溫檢疫處理前貯放日數及處理後貯放日數與皮傷及腐爛之關係[1]

低溫處理前、後貯放日數[2]		試驗年數	皮傷率(%)[3]	(皮傷+腐爛)率(%)[3]
前	後			
0	15	5	0.5	1.3
	30	3	0.0	1.3
	45	4	1.3	5.9
15	0	2	0.0	1.9
	7	3	6.7	8.3
	15	3	5.4	8.3
	30	5	4.0	8.5
30	7	3	7.5	10.4
	15	5	8.3	18.8
	30	2	8.1	11.9
45	0	2	7.5	11.3
對照,在 15℃貯藏 60 日,無低溫處理		5	0.0	2.3

[1] 每年每處理 4 重複，每重複 20 果之總平均。
[2] 低溫處理前後均貯放在 15℃ 。
[3] 低溫處理及貯放後移至 20℃模擬櫥架販售 7 日後評估之數字。腐爛包括皮傷誘引與非皮傷誘引之腐爛。

柳橙即使不經低溫檢疫處理而放在 15℃長期貯藏也常會發生果皮異常，似爲老化性果皮崩潰。輕者出現外果皮崩潰褐化凹陷之小斑塊(圖 1I)。最容易出現的位置在果蒂邊(圖 1J)或果蒂周圍(圖 1K)。有時果蒂部、果蒂附近或其他部位果皮同時出現(圖 1L)。嚴重者除小斑塊之外還有連接的大斑塊(圖 1M)。這些異常也會因模擬低溫檢疫處理而增高發生率及嚴重程度。另外，模擬低溫檢疫處理也偶然會引發柳橙產生類似出現在椪柑及桶柑之果皮傷害(圖 1N)。這種徵狀發生頻率不高，且未在對照組出現過。經過若干年之模擬低溫檢疫處理試驗，方法與桶柑相同，結果若將上述兩類果皮傷害或異常總和計算，也獲得採後早行低溫處理比遲處理發生傷害少之

趨勢(表 4)。因為柳橙在貯藏中發生果皮異常(或皮傷)及腐爛之比率因年份而異(表 5)，而且有些腐爛因果皮異常而引起但有些腐爛與果皮異常無關，使得低溫檢疫處理與果皮異常(或皮傷)及腐爛之關係錯綜複雜，不易釐清。另外，柳橙的果皮異常(或皮傷)與腐爛率也因產地或果園不同而異(表 6)；因此，欲做長期貯藏或低溫檢疫處理後外銷時宜慎選供果園，非常重要。

本研究雖發現椪柑、桶柑及柳橙採後速行低溫檢疫處理比遲處理少生傷害之趨勢，但未找出完全避免傷害之方法。應該還有許多待研究之餘地。

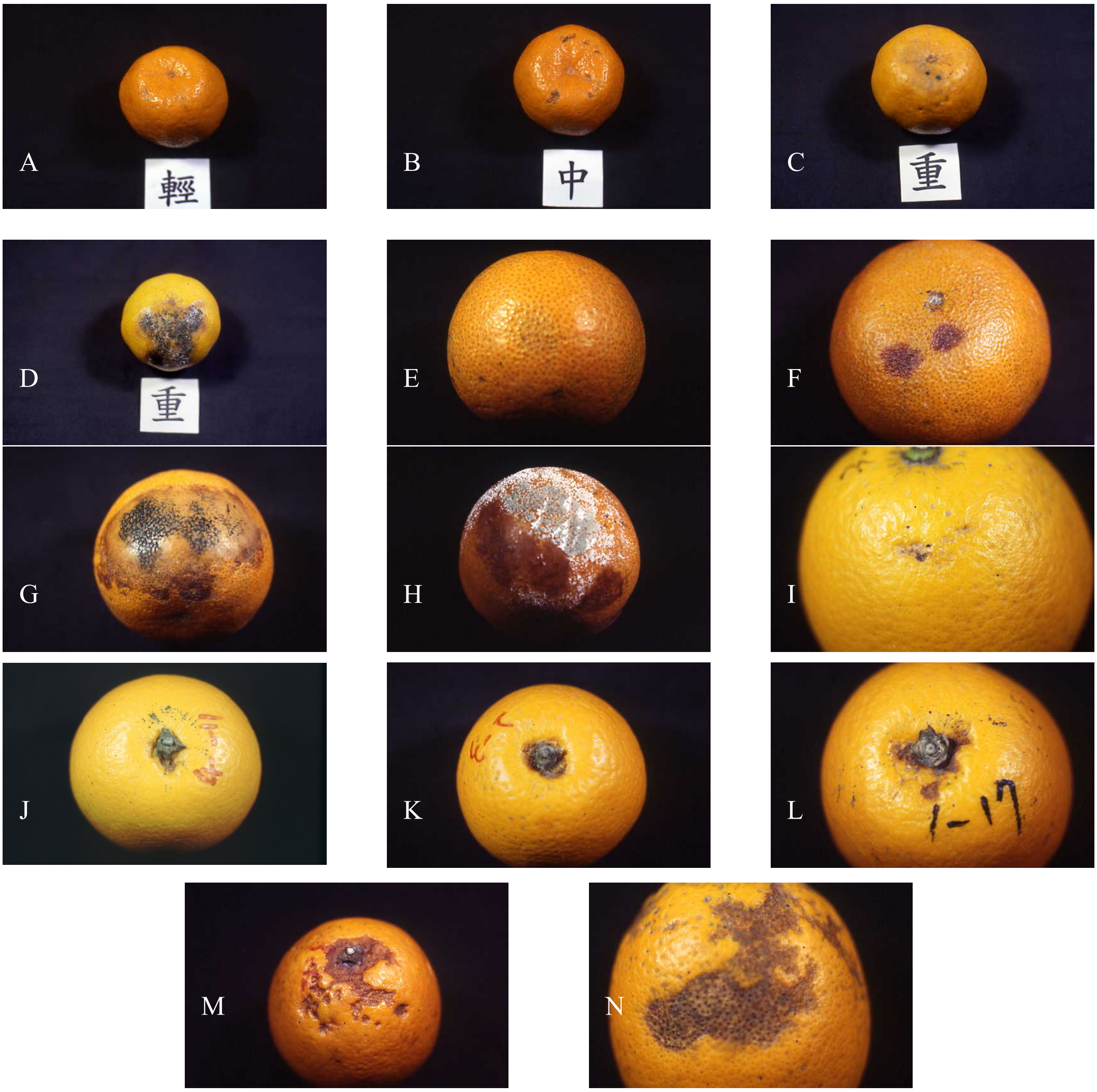

圖 1. 椪柑、桶柑及柳橙低溫檢疫處理引起之果皮傷害及貯藏中易見之果皮異常徵狀。A、B、C 及 D：椪柑輕、中、重度受傷及重傷後黴腐。E、F、G 及 H：桶柑輕、中、重度受傷及重傷後黴腐。I、J、K、L、M：柳橙貯藏中或低溫檢疫處理後易見之果皮異常。N：柳橙低溫檢疫處理引起之重度果皮傷害。

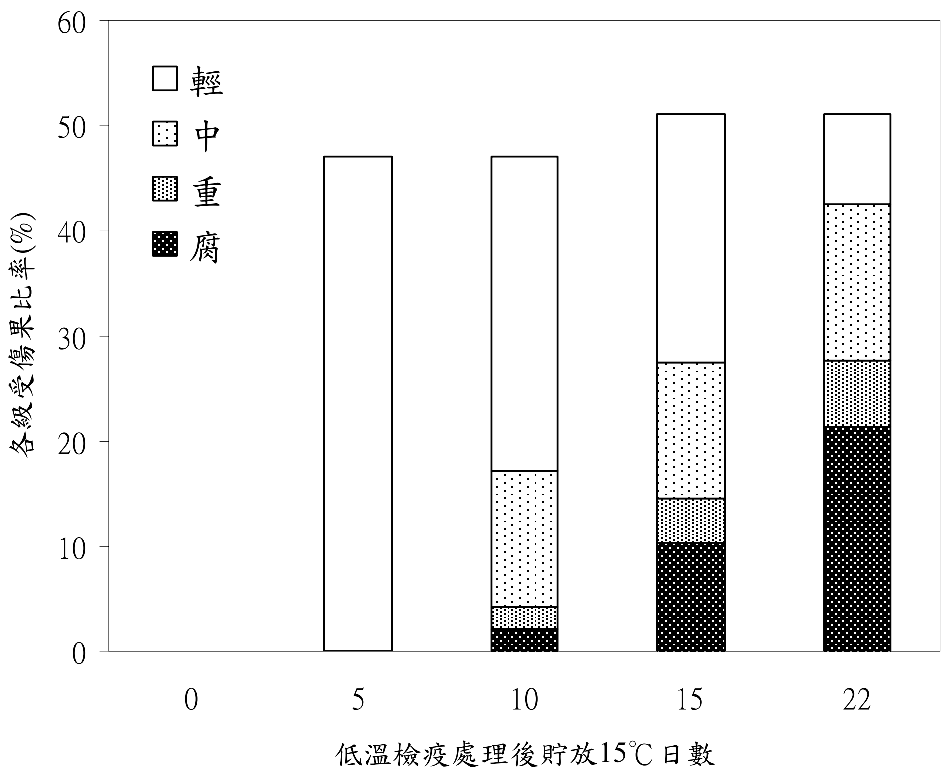

圖 2. 2001 年經過低溫檢疫處理之輸日椪柑樣品放置 15℃觀察期間出現各級低溫傷害果實比率之變化。原始資料來源：劉與韓(2002)。

六、高溫檢疫處理之可行性

由墨西哥輸入美國之甜橙、葡萄柚及寬皮柑可針對地中海果實蠅施行高溫檢疫處理(ASHS Newsletter 15(9): 5, 1999)。方法為以熱風升高果肉溫度至 44℃之後保持在 44℃ 100 分鐘，但如升溫至 44℃之時間少於 90 分鐘則短少之時間須加在保持 44℃之時間上(因此，會多於 100 分鐘)。基於這則資訊，筆者曾重複三年試驗椪柑、桶柑及柳橙之熱風處理可行性，條件如上述美國標準，設備則用小型熱風定溫箱。

試驗結果椪柑不耐熱，不論在採後半轉色階段或貯放到充分轉色後處理，皆造成果蒂附近，特別是凸起部分之果皮傷害。嘗試過果蒂部位塗腊、逐果保鮮膜包裹、或熱處理後以冰水迅速冷卻等方法，皆不能防止傷害之發生。因此難以認定椪柑熱風檢疫處理之可行性。至於桶柑及柳橙，反覆試驗同樣之處理皆未發現果實受傷；採後迅速處理或先貯藏一個月後處理皆未產生熱傷害。本試驗未作熱處理前後果實品質之分析比較，但筆者曾品嚐熱處理後的柑桔。筆者的味覺可以感覺出熱處理果與對照果有些微的風味差異，但差異輕微而且熱處理過的柑桔風味並非令人厭惡之類。一般消費者是否樂於接受熱處理過的柑桔風味則未評估。由此結果推測，桶柑與柳橙採用高溫(熱風)檢疫處理之可行性存在。高溫檢疫處理時間短，設備利用週轉快，適宜大量連續外銷時採用。筆者因人力與設備之限制不再繼續此方面之研究，但建議更適合做此研究的單位及學者值得做進一步之研究。

表4. 南投縣中寮產柳橙模擬低溫檢疫處理前貯放日數及處理後貯放日數與皮傷及腐爛之關係[1]

低溫處理前、後貯放日數[2]		試驗年數	皮傷率(%)[3]	(皮傷+腐爛)率(%)[3]
前	後			
0	15	3	2.1	7.5
	30	1	11.3	12.5
	45	1	2.5	5.0
5	15	3	3.3	6.3
10	15	3	2.5	5.8
15	0	2	4.4	5.6
	15	4	12.2	18.8
	30	1	0.0	17.5
30	0	1	18.8	22.5
	15	4	17.2	27.8
45	0	1	15.0	17.5
對照,無低溫處理,貯藏 30 天		5	4.8	7.8
對照,無低溫處理,貯藏 60 天		4	9.1	12.5

[1] 每年每處理 4 重複，每重複 20 果之總平均。
[2] 低溫處理前、後均貯放在 15℃。
[3] 低溫處理及貯放後移至 20℃模擬櫥架販售 7 日後評估之數字。皮傷包括低溫處理引起及不明原因之果皮異常；腐爛包括皮傷誘引及非皮傷誘引之腐爛。

表5. 南投縣中寮產柳橙不同年份果實在貯藏期間皮傷及腐爛率之差異[1]

貯藏日數	年份	皮傷率(%)	(皮傷+腐爛)率(%)
30	1999	10.0	12.5
	2000	2.5	5.0
	2001	7.5	12.5
	2002	2.5	2.5
	2003	1.3	6.3
60	1999	16.3	17.5
	2001	11.3	16.3
	2002	3.8	3.8
	2003	5.0	13.8

[1] 各年皆用 4 重複之平均，每重複 20 果。貯藏溫度爲 15℃。皮傷率及(皮傷+腐爛)率之評估在貯藏後移至 20℃模擬櫥架販售 7 日後爲之。

表6. 南投縣中寮與嘉義縣梅山生產之柳橙在模擬低溫檢疫處理及貯藏後皮傷與腐爛率之差異[1]

低溫處理前、後貯放日數[2]			2001 年		2002 年	
前	後	產地	皮傷率 (%)[3]	(皮傷+腐爛)率 (%)[3]	皮傷率 (%)[3]	(皮傷+腐爛)率 (%)[3]
0	15	中寮	5.0	7.5	—	—
		梅山	0.0	1.3	—	—
5	15	中寮	5.0	7.5	1.3	1.3
		梅山	0.0	1.3	2.5	2.5
10	15	中寮	2.5	6.3	1.3	1.3
		梅山	0.0	0.0	3.8	3.8
15	15	中寮	13.8	18.8	8.8	11.3
		梅山	2.5	3.8	3.8	3.8
30	15	中寮	40.0	62.5	12.5	15.0
		梅山	3.8	8.8	3.8	5.0
對照,無低溫處理, 貯藏 30 天		中寮	7.5	12.3	2.5	2.5
		梅山	0.0	3.8	0.0	0.0
對照,無低溫處理, 貯藏 60 天		中寮	11.3	16.3	3.8	3.8
		梅山	2.5	5.0	2.5	3.8

[1] 各年每處理 4 重複，每重複 20 果之平均。
[2] 低溫處理前後均貯放在 15℃。
[3] 低溫處理及貯放後移至 20℃模擬櫥架販售 7 日後評估之數字。皮傷包括低溫處理引起及不明原因之果皮異常；腐爛包括皮傷誘引及非皮傷誘引之腐爛。

七、早採半綠皮椪柑加速轉色之方法

椪柑不宜在全綠或轉色面積 <30%時採收；此階段採收的「綠皮」椪柑尚未成熟，糖度及糖/酸比偏低，品質不良。但半轉色(半綠皮，轉色面積在 35%~65%之間)的椪柑大都果肉已成熟，品質可以接受，只是賣相不佳。在此種成熟度採收的椪柑若做長期貯藏，一個月後完全轉黃而不再有皮色問題。但若要迅速上市或外銷，可考慮加速轉色的方法。

半轉色的椪柑採後放在不同的溫度，其轉色快慢不同。使半轉色椪柑最快完全轉色的溫度是 15℃(黃, 2004)。採後直接放在 15℃的椪柑在 20~25 日內可完全轉色；採收當日進行低溫檢疫處理，然後轉入 15℃貯運則在 30 日內(自採收日算起)可完全轉色(黃, 2004)。如果需要更快轉色則可用 5 ppm 乙烯催色。乙烯催色處理可加速椪柑完成轉色 10~15 日且使轉色後橙黃色更深(黃, 2004)。催色宜在採後或低溫檢疫處理後儘速進行(黃, 2004)。

外銷柑桔之採收、處理與貯、運、銷技術方略

歸納上述種種研究結果，筆者提出外銷柑桔之採收、處理與貯、運、銷技術方略要點如下：

1. 椪柑、柳橙與桶柑依序自 11 月中旬、12 月中旬與 1 月中旬起約半個月內是採收外銷及長期貯藏用果實的最佳時期。
2. 安全而且適宜之長期貯藏或長途運輸條件爲 15℃，90~95%相對濕度。如逐果套以聚乙烯袋後貯藏或運輸，則貯藏庫或運輸工具之濕度管理較不重要。柑桔耐貯藏力依年份及果園而有差異。較保守的估計，慎選狀況良好的椪柑，在適宜條件下有 2~3 個月，而桶柑及柳橙則有 3~5 個月的貯、運、銷安全期間。
3. 須經低溫檢疫處理之外銷柑桔採後愈快開始低溫處理愈好。採後 0~5 天開始處理者受傷率較低，椪柑採後 10 日或桶柑與柳橙採後 15 日開始處理者受傷率顯著升高。早處理的果實處理後尚有 30 到 45 日的貯藏及運輸壽命。貯藏後的柑桔不宜用低溫檢疫處理，否則受傷嚴重。
4. 低溫檢疫處理造成果實傷害之程度因年份及產地或果園而異；須密切注意並慎選須經低溫處理之外銷供果園。
5. 低溫檢疫處理後的果實也同樣適宜在 15℃貯運。如在低溫處理中引起一部分果實傷害，大多傷害果在 5 日內出現徵狀。因此可考慮在此時選別剔除受傷果，以免其混入市場，有損信譽。五日之後再出現新受傷果的比率不高，但已受傷的果實徵狀繼續加劇並增加腐爛。
6. 桶柑及柳橙能耐高溫檢疫處理；值得開發實用處理技術。椪柑則易受高溫處理傷害，實用可能性不高。
7. 在 11 月中旬或更早採收的半轉色椪柑宜在 15℃貯運，轉色最快而成色最佳。不經低溫檢疫處理的椪柑在 20~25 日內，而採後迅速進行低溫檢疫處理者在 30 日內(含低溫處理 15 日)可完全轉色。如須更早轉色上市則可用乙烯催色。乙烯催色處理宜在採後或低溫檢疫處理後及早進行，並注意處理條件及相關問題。
8. 目前銷日之椪柑在耶誕節前運達上市。如在 11 月 20 日之前選採半轉色之椪柑，速經低溫檢疫處理後在 15℃貯運，可在 12 月 20 日前上市全黃的果實。若在低溫檢疫之前或之後速用乙烯催色，轉色更快，成色更佳。

雖然本文之標題爲外銷柑桔，所述內容與方法除有關檢疫處理部分以外皆可同樣適用於內銷柑桔。

致　謝

本文回顧過去十餘年在國立台灣大學園藝系完成之柑桔採收、處理、貯藏、運銷一系列研究。感謝行政院農業委員會、前台灣省政府農林廳及現在的農糧署補助研究經費。部分研究工作並承農業試驗所、嘉義大學園藝系、台灣省青果運銷合作社及其新竹、台中分社等合作或協助。主要合作或協助人包括黃肇家、王怡玎、呂明雄、李堂察、黃恩雄、蔡阿安、溫乾海、劉鳳嬌等先生與女士。還有配合供應柑桔試驗材料之果農張仕龍、徐金源、鄧兆和、周良賜、周煌鈞、江義傑等先生暨夫人。台大園藝系園產品處理研究室負責人王自存教授暨曾參與本文所列各種研究之助理與研究生劉淑珍、孫憲虹、潘靜慧、黃瑞貞、薛淑滿、洪紫馨、韓青秀、黃祐慈、梁穎芝等小姐皆付出努力心血參與試驗或提供協助。筆者謹對上記機關與人士以及其他未列名之無名英雄誠致謝忱。

參考文獻

1. 區少梅、林聖敦。1996。椪柑品質標準建立之研究。中國園藝 42(3): 276-288。
2. 黃祐慈。2004。乙烯催色、低溫檢疫處理與貯放溫度對椪柑轉色之影響。國立台灣大學園藝學系碩士論文。83pp。
3. 劉富文、王自存、潘靜慧。1998。椪柑、桶柑及柳橙在採收季節之成熟特性。中國園藝 44(3) : 265-273。
4. 劉富文、呂明雄、王怡玎。1997。椪柑、桶柑及柳橙貯藏方法之改良。刊於：台灣省農業試驗所編印。園產品採後處理與運銷技術研討會專刊 p.20-37。
5. 劉富文、潘靜慧、洪紫馨。1998a。採收日期及貯藏溫度對桶柑品質及耐貯藏力之影響。中國園藝 44(3): 253-263。
6. 劉富文、潘靜慧、薛淑滿、洪紫馨。1998b。採收成熟度及貯藏溫度對椪柑貯藏壽命之影響。中國園藝 44(3): 239-253。
7. 劉富文、薛淑滿、洪紫馨。2001。依日曆或依果實著色率判斷貯藏用椪柑之採收適期。中國園藝 47(4): 377-382。
8. 劉富文、薛淑滿、洪紫馨。2001a。貯藏溫度與套袋方法對椪柑、桶柑貯藏損失及貯藏後品質之影響。中國園藝 47(4): 383-390。
9. 劉富文、韓青秀。2002。低溫檢疫處理引起之椪柑果皮傷害。中國園藝 48(2): 107-115。
10. 劉富文、韓青秀、梁穎芝。2005。椪柑、桶柑與柳橙在長期貯藏中各品質指標值之變化。中國園藝 51(3): 217-228。
11. 劉富文、韓青秀、梁穎芝。2005a。椪柑、桶柑與柳橙長期貯藏之濕度與失重率之關係。中國園藝 51(4): 295-304。

Technologies and Strategies for Harvesting, Quarantine Treatment, Storage, Transportation, and Marketing of 'Ponkan' Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco), Tankan (*C. tankan* Hayata), and 'Liucheng' Orange (*C. sinensis* Osbeck)Targeted for Export.

F. W. Liu
Professor, Department of Horticulture, National Taiwan University

Summary

Based on the results of a series of research on the maturity, storage conditions and storability, fruit fly quarantine treatments, and degreening methods for major Taiwan citrus, i.e. 'Ponkan' mandarin, 'Liucheng' orange, and tankan, several key technologies and strategies for harvesting, handling and marketing the fruit targeted for export are summarized as follows. (1) Optimum harvesting periods of 'Ponkan', 'Liucheng', and tankan for export are about half-month beginning mid-November, mid-December, and mid-January, respectively. (2) Optimum condition for storage and transportation of the fruit is 15℃, 90~95% relative humidity; safe storage periods are 2~3 months for 'Ponkan' and 3~5 months for 'Liucheng' and tankan. (3) If low-temperature quarantine treatment is required, the treatment should begin as soon as possible, preferably within 5 days after harvest for 'Ponkan' and within 10 days for 'Liucheng' and tankan; early-treated fruit has a storage and marketing life of 30~45 days, but late treatment encourages low-temperature injury. (4) The severity of rind injury induced by low-temperature quarantine treatment varies with harvesting years and orchards; careful evaluation and orchard selection are advisable. (5) Most of the fruits injured by low-temperature quarantine treatment are discernible and can be sorted out 5 days after being kept at 15℃. (6) 'Liucheng' and tankan can tolerate high-temperature quarantine treatment, but 'Ponkan' cannot. (7) Early harvest half-green 'Ponkan' turns yellow most rapidly, within 20-25 days, at 15℃; coloration can be accelerated for about 10 days by ethylene-degreening treatment. (8) 'Ponkan' for early season Japanese market can be harvested on around November 20th, quickly treated with low temperature for quarantine, shipped at 15℃, and arrive golden colored before December 20th, just make for Christmas; earlier supply of well-colored 'Ponkan' is possible by employing ethylene degreening.

Key words: 'Ponkan' mandarin, Tankan, 'Liucheng' Orange, maturity, storage, storage temperature, storage humidity, quarantine treatment, degreening, export.